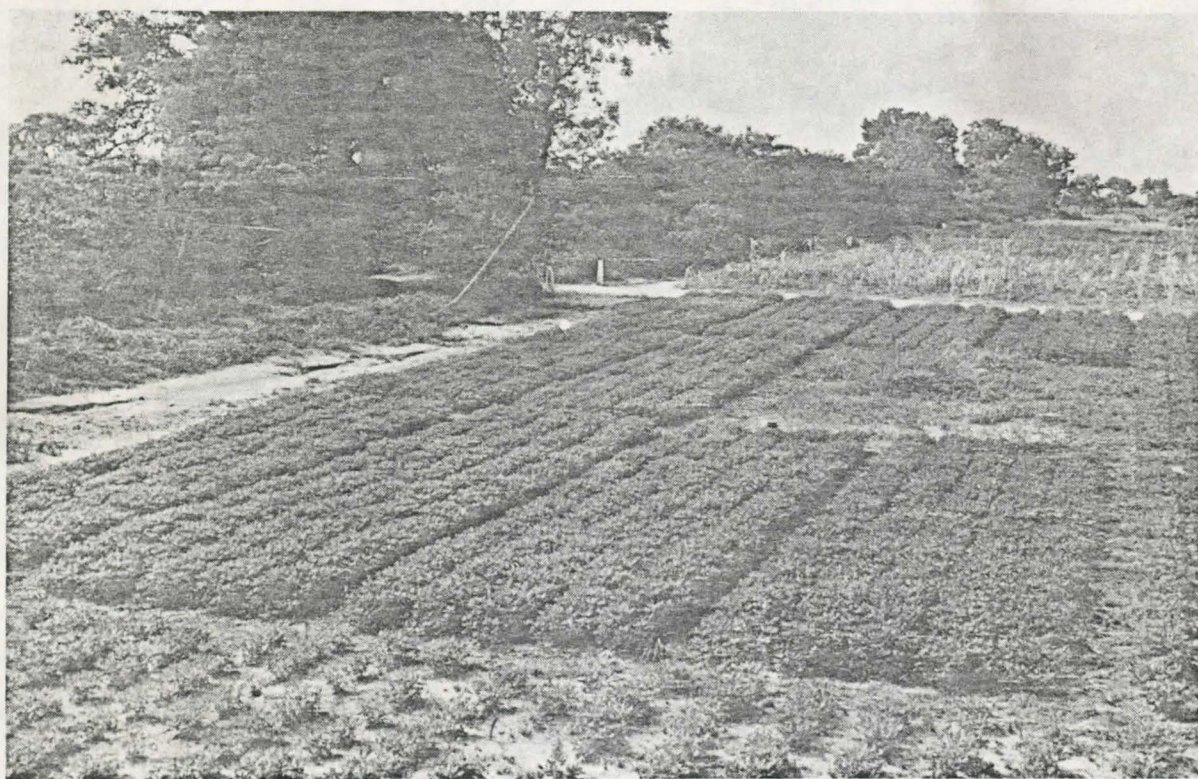


OLEAGINEUX

Revue internationale des corps gras



LE CHLORE, NOUVEL ÉLÉMENT ESSENTIEL DANS LA NUTRITION DU PALMIER A HUILE

CHLORINE, A NEW ESSENTIAL ELEMENT IN OIL PALM NUTRITION

M. OLLAGNIER

R. OCHS

Directeur des Recherches Agronomiques
et Stations Expérimentales de l'I. R. H. O.

Directeur du Département
Agronomie de l'I. R. H. O.

ARNON (1958) a proposé trois critères pour admettre qu'un élément minéral est indispensable à la croissance des végétaux :

- en son absence, la plante est incapable d'accomplir son cycle ;
- il n'est pas remplaçable par un autre élément ;
- son effet sur la plante doit être direct.

Cette « sévérité » de jugement explique peut-être pourquoi le chlore, élément présent en quantité notable dans les tissus végétaux, ne fut admis au rang des éléments indispensables qu'à une époque très récente.

L'intérêt porté au chlore est pourtant très ancien, mais les travaux destinés à prouver son caractère indispensable ont été retardés par certains problèmes, en particulier la grande solubilité des chlorures, les difficultés de purification et surtout l'omniprésence du chlore dans les eaux, les sols et l'atmosphère.

C'est, en effet, le plus important des halogènes dans la nature ; il est absorbé par les plantes sous forme d'ion Cl et peut être remplacé par le brome, en partie du moins, à des concentrations plus élevées [BROYER 1954]. La plupart des déficiences en chlore ont été obtenues en solutions nutritives mais on trouve également dans la littérature quelques réponses au champ sur le tabac, les tomates, les pois, les laitues, les choux, les carottes, la betterave à sucre, l'orge, le maïs, la pomme de terre et le coton [TISDALE *et al.* 1966].

Les symptômes de déficience ne sont pas caractéristiques ; on signale des flétrissements, des chloroses et des brunissements suivis de nécrose ; en solution nutritive [JONSSON *et al.* 1957], la déficience en chlore est associée à une réduction du système racinaire.

Lorsqu'on traite du chlore dans la littérature ancienne, c'est le plus souvent pour suspecter des cas de toxicité ou pour relater par exemple la supériorité des sulfates de potasse sur les chlorures.

Dans le domaine des oléagineux tropicaux il n'existe pas, à notre connaissance, de travaux particuliers sur le rôle du chlore dans la nutrition. L'I. R. H. O.

ARNON (1958) has proposed three criteria for deciding that a mineral element is essential for the growth of plants :

- the plant is incapable of completing its cycle without it ;
- it cannot be replaced by another element ;
- its effect on the plant must be direct.

This « severity » of judgement probably explains why chlorine, of which an appreciable quantity is present in plant tissue, was not admitted to the ranks of indispensable elements until very recently.

Nevertheless, it has attracted interest for a very long time, although certain difficulties peculiar to it have held up work designed to show its indispensable nature ; these are the high solubility of chlorides, difficulties of purification and above all the universal presence of chlorine in soils, water and air.

In effect, it is the most important of the halogens in nature ; it is absorbed by plants in the form of the ion Cl and can be replaced, at least partially, by bromide at higher concentrations [BROYER 1954]. Most chlorine deficiencies have been obtained with nutritive solutions ; but certain works also speak of a few responses in the field on tobacco, tomatoes, peas, lettuces, cabbages, carrots, sugar beet, barley, maize, potatoes and cotton [TISDALE *et al.* 1966].

The deficiency symptoms are not characteristic ; wilting, chlorosis and browning followed by necrosis have been noted ; in a nutritive solution [JONSSON *et al.* 1957], chloride deficiency is associated with a reduction of the root system.

When chlorine is mentioned in early works it is most often to suspect it in cases of toxicity or to speak, for example, of the superiority of potassium sulphates over chlorides.

In the field of tropical oil plants no particular work has been done, as far as we know, on the role of chlorine in nutrition. The I. R. H. O. had already

avait déjà entrepris en 1957 et 1958 une première enquête sur le chlore dans son réseau d'expériences palmier et cocotier sans pouvoir conclure car, dans les situations retenues à cette époque (Côte-d'Ivoire et Dahomey), les teneurs en chlore étaient toutes très élevées (0,6 à 0,7 p. 100).

C'est grâce aux difficultés d'interprétation d'une expérience d'engrais réalisée en Colombie que les analyses de chlore ont été reprises et ont permis d'aboutir à la mise en évidence d'une déficience.

I. — MISE EN ÉVIDENCE D'UNE DÉFICIENCE EN CHLORE

Le premier cas de déficience caractérisée a été décelé dans une expérience réalisée en Colombie sur une plantation de la Société Industrial Agraria. Il s'agit d'une région très propice à la culture du palmier à huile avec un climat caractérisé par des pluies abondantes (2 300 mm par an), assez bien réparties et avec un sol argilo-limoneux sur alluvions récentes assez fertiles.

C'est un essai factoriel classique NKMg₃³ où N est apporté sous forme de sulfate d'ammoniaque, Mg de sulfate de magnésium et K de chlorure de potassium. Les traitements sont appliqués chaque année depuis 1963, date de mise en place des palmiers.

A partir de 1967, soit après quatre années de fumure, on obtenait, avec le chlorure de potassium, une augmentation sensible et significative des productions (tabl. I).

undertaken a preliminary study of chlorine in 1957 and 1958 in its network of oil palm and coconut experiments, without being able to arrive at any conclusion, because in the situations chosen at that time (Ivory Coast and Dahomey), the chlorine levels were all very high (0.6-0.7 %).

It was because of the difficulties encountered in interpreting a fertilizer experiment in Colombia that chlorine analyses were started again and led to a deficiency being brought to light.

I. — BRINGING TO LIGHT OF A CHLORINE DEFICIENCY

The first case of characteristic deficiency was found in an experiment carried out in Colombia on a plantation belonging to the Sociedad Industrial Agraria S. A. The region concerned is very favourable to oil palm growing, with a climate characterised by an abundant rainfall well distributed throughout the year (2 300 mm) and a clay loam soil on recent alluvion, reasonably fertile.

It was a standard factorial trial NKMg₃³, with N applied in the form of ammonium sulphate, Mg as magnesium sulphate and K as potassium chloride. The treatments have been applied each year since 1963, date of planting of the palms.

From 1967 onwards, i. e. after four years of manuring, an appreciable and significant increase in yields was obtained with potassium chloride (table I).

TABLEAU I
SA-CP 1 (San Alberto — Colombie)

Production en kg de régimes par arbre et par an
Yield in kg bunches/tree/year

Campagne Season	1966/67	1967/68	1968/69	1969/70
KCl 0	68	156	172	156
KCl 1 = 1 kg KCl, arb/an — tree/year	77	174 *	195 *	172 *
KCl 2 = 2 kg KCl, arb/an — tree/year	76	168	190	172 *
P. P. D. S. 5 %	10,2 *	15,1 *	19 *	11,8 *
S. D. 5 %				

Teneurs en K (%)
K levels (%)

Années Years	1967	1968	1969	1970
KCl 0	1,051	0,953	1,07	0,940
KCl 1	0,956 *	0,911 *	1,00 *	0,878 **
KCl 2	0,985 *	0,922	1,00 *	0,872 **
P. P. D. S. 5 %	0,065 *	0,038 *	0,062 *	0,035 *
S. D. 5 %				

TABLEAU II
SA-CP 1 (San Alberto — Colombie)
Teneurs en Cl (%) — Cl levels (%)

Années	Years	1969	1970
KCl 0		0,270	0,194
KCl 1		0,485 **	0,479 **
KCl 2		0,583 **	0,531 **
P. P. D. S. 5 %	S.D. 5 %	0,089 *	0,082 *

Par contre, le chlorure de potassium provoquait une diminution faible mais significative des teneurs en K de la feuille à partir d'un niveau de base assez différent du niveau critique de 1 p. 100, retenu par l'I. R. H. O. pour l'interprétation de ses expériences.

Cette action négative s'accompagne en revanche d'une action positive très nette sur les teneurs en chlore (tabl. II).

Il semble donc que l'augmentation de production obtenue grâce au chlorure de potassium doit être attribuée au chlore plutôt qu'au potassium.

L'examen des corrélations Cl-Production et K-Production sur les 27 résultats parcellaires permet en effet de confirmer cette hypothèse.

La production est en corrélation très nette avec la teneur en chlore ($r = +0,67^{***}$) (fig. 1), alors qu'il n'existe aucune relation entre production et teneur en potassium (fig. 2).

On the other hand, potassium chloride engendered a slight but significant decrease in the K levels of the leaf from a base level little different from the critical level of 1 % retained by the I. R. H. O. for the interpretation of its experiments.

This negative action is accompanied in return by a very marked positive action on the chlorine levels (table II).

It seems, therefore, that the increase in yield obtained through the use of potassium chloride should be attributed to the chlorine rather than to the potassium.

An examination of the Cl-yield and K-yield correlations for the 27 plot results in fact enables this hypothesis to be confirmed.

Yield is in marked correlation with the chlorine level ($r = +0,67^{***}$) (fig. 1), whilst there is no relation between yield and potassium level (fig. 2).

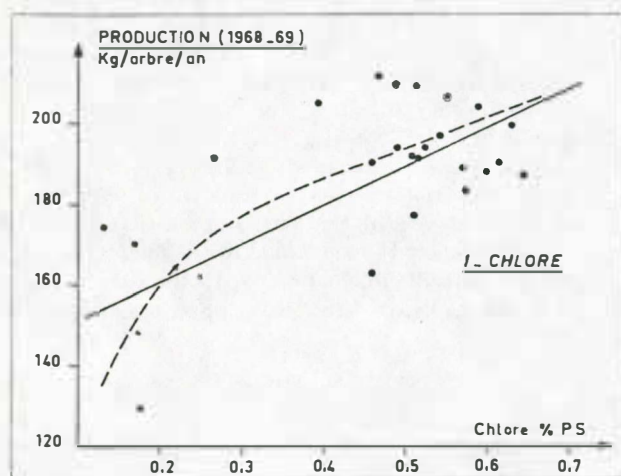


Fig. 1

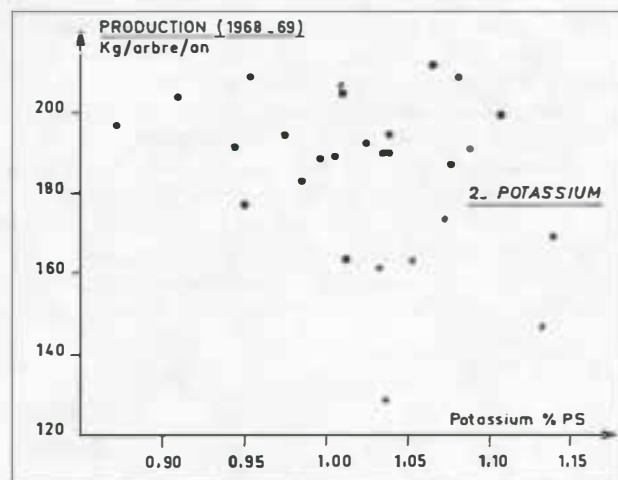


Fig. 2

Fig. 1 et 2. — SA-CP 1, San Alberto (Colombie) : relations entre teneurs et productions.

En orange, les points des parcelles témoins sans chlore ; la présence de deux parcelles témoins naturellement mieux pourvues de chlore doit être notée ; elles ont des productions élevées et confirment donc la liaison chlore-production. Ces deux parcelles avaient déjà en 1966 (3 ans) une croissance plus rapide que les sept autres — circonférence au collet = 254 cm contre 213 cm — sans que l'on observe d'autre part de différences notables de teneurs pour les éléments N, P, K, Ca, Mg.

Fig. 1 & 2. — SA-CP 1, San Alberto (Colombia) : relationships between levels and yields.

In orange, the points of the control plots without chlorine ; the presence of two control plots naturally better off for chlorine will be noted ; they have high yields and confirm in this way the link between chlorine and production. In 1966 (3 years) these two plots had already manifested a more rapid growth than the seven others — circumference at the base of the trunk = 254 cm as against 213 cm — without on the other hand, any appreciable differences in the levels for the elements N, P, K, Ca, Mg being observed.

En passant de 0,2 à 0,5 p. 100 de chlore dans la feuille, le gain total de production est de 24 kg de régimes par arbre (fig.1), c'est-à-dire environ 3,4 t de régimes et 700 kg d'huile par hectare et par an.

Le niveau de production déjà élevé (20 à 25 t de régimes/ha) pour les teneurs les plus faibles en chlore (0,100 à 0,200) et la réponse des rendements de l'ordre de 12 p. 100 laissent supposer que la courbe liant les rendements et les teneurs a une pente très forte à l'origine.

D'autres analyses ont permis de confirmer l'étude précédente dans la même situation.

Ainsi l'effet dépressif du chlorure de potassium sur les teneurs en K de la feuille se retrouve dans une expérience plus récente commencée en 1969 sur des cultures 1965 (SA-CP 2 — Factoriel 3⁴). Le premier diagnostic foliaire effectué en fin 1969 traduisait déjà un effet négatif des fumures potassiques sur les teneurs en K ($K_0 = 0,874$, $K_2 = 0,841^*$) et positif sur les teneurs en Cl ($K_0 = 0,255$, $K_2 = 0,322$).

On notera que l'effet négatif du chlorure sur les teneurs en K s'accompagne d'un effet positif sur les teneurs en Ca, le second pouvant être considéré, peut-être, comme la cause du premier (antagonisme K-Ca).

Une troisième expérience (SA-ES 31) mise en place en 1966 sur des cultures 1963, était destinée à l'étude du mode d'épandage de la fumure potassique. Il s'agissait de savoir si l'absence d'effet du KCl sur les teneurs en K n'était pas due à une mauvaise technique d'apport ou à l'entraînement des fumures dans les drains par les eaux de ruissellement. L'essai était conçu en grandes parcelles de 10 ha pour éviter les contaminations ; on craignait en effet que, dans l'expérience SA-CP 1, la petite dimension des parcelles ne soit responsable, dans ces formations alluviales très plates, de migrations d'une parcelle à l'autre au cours d'inondations temporaires.

Les résultats obtenus (tabl. III) confirment à nouveau l'effet nul ou dépressif de KCl sur les teneurs en K de la feuille puisque la dose double conduit à des teneurs plus faibles que la dose simple. Les teneurs en chlore, au contraire, augmentent avec la dose de fumure et montrent bien que l'inefficacité apparente

In passing from 0.2 to 0.5 % chlorine in the leaf, the total gain in yield is 24 kg/bunches per tree (fig. 1), i. e. about 3.4 tons/bunches and 700 kg/oil per hectare and per year.

The already high level of production (20-25 tons/bunches/ha) for the lowest chlorine levels (0.100-0.200) and the yield response of the order of 12 %, suggest that the curve linking yields and levels rises very sharply at the beginning.

Other analyses have brought confirmation of the preceding study in the same situation.

A depressive effect of potassium chloride on the K levels in the leaf is found again in a more recent experiment started in 1969 on the 1965 plantings (SA-CP 2 — Factorial 3⁴). The first leaf analysis made at the end of 1969 already showed a negative effect of potassium manurings on the K levels ($K_0 = 0.874$, $K_2 = 0.841^*$) and a positive effect on the Cl levels ($K_0 = 0.255$, $K_2 = 0.322$).

It will be noted that the negative effect of chlorine on the K levels is accompanied by a positive effect on the Ca levels, it being possible perhaps to consider the second as the cause of the first (antagonism K-Ca).

A third experiment (SA-ES 31) set up in 1966 on 1963 plantings was intended for the study of the method of spreading potassium fertilizer. It was a question of finding out whether the lack of effect of KCl on K levels was not due to a faulty method of application or whether the fertilizer is not washed away down the drains with storm water. The trial was carried out on large plots of 10 ha to avoid contamination ; it was feared, in effect, that in experiment SA-CP 1, the small size of the plots was responsible for migrations from one plot to another in the course of temporary flooding, on these very flat alluvial formations.

The results obtained (table III) confirm once again the non-existent or negative effect of KCl on the K levels of the leaf, since a double dose leads to lower levels than a single dose. The chlorine levels, on the other hand, increase with the dose of fertilizer, and show clearly that the apparent ineffectiveness of

TABLEAU III

SA-ES 31 (San Alberto — Colombie)

D. F. 1969 L. A. 1969		Doses KCl arbre/an — tree/year	Enfouissement dans la couronne Packed into the crown	Volée dans l'interligne Scattered in the interline	Volée dans la couronne Scattered on the crown
Teneur en K	K level	1 kg	0,810	0,783	—
% P. S.	% dry wt	2 kg	0,769	0,724	0,721
Teneur en Cl	Cl level	1 kg	0,501	0,519	—
% P. S.	% dry wt	2 kg	0,556	0,599	0,604

de KCl n'est pas due au lessivage ou à l'entraînement des engrais.

L'essai ne comporte pas suffisamment de répétitions pour permettre l'étude statistique des rendements mais la corrélation teneur en chlore-production est à nouveau positive ($r = 0,49$ pour 12 parcelles); elle correspond à une augmentation de 1 t de régimes pour une variation de 0,1 sur la teneur en chlore.

Une quatrième analyse du problème a été enfin tentée en rapprochant les productions industrielles connues par parcelles de 10 ha et les teneurs en chlore du diagnostic foliaire « contrôle plantation ».

Dans les cultures 1964 qui n'ont reçu aucune fumure, les teneurs en chlore oscillent entre 0,140 et 0,325 p. 100 autour d'une moyenne de 0,250 et les productions sont comprises entre 13 et 23 t de régimes par hectare avec une moyenne de 18 t.

Il existe une corrélation hautement significative ($r = 0,59^{**}$ pour 22 parcelles) entre productions et teneurs en chlore : l'augmentation est en moyenne de 3,6 t de régimes par hectare pour une variation de 0,1 p. 100 de la teneur en chlore.

L'ensemble des analyses précédentes permet donc de conclure à l'existence d'une déficience en chlore dans les sols alluviaux de la plantation de San Alberto.

Cette observation revêt une grande importance sur le **plan théorique** car, pour la première fois, le chlore peut être considéré comme un élément essentiel dans la nutrition minérale du palmier à huile.

Par ailleurs, certaines anomalies dans l'étude de la nutrition potassique peuvent être interprétées par l'intervention du chlore.

L'importance pratique est liée à la valeur des accroissements de production que l'on est en droit d'attendre par une correction de la déficience. A San Alberto, les estimations sont variables d'une analyse à l'autre :

SA-CP 1 : 3,4 t de régimes/ha/an pour une variation de 0,2 à 0,5 p. 100 de Cl ;

SA-ES 31 : 1,0 t de régimes/ha/an pour une variation de 0,5 à 0,6 p. 100 de Cl ;

Productions industrielles 1964 : 3,4 t de régimes/ha/an pour une variation de 0,2 à 0,3 p. 100 de Cl.

On peut espérer une augmentation de 3 à 4 t de régimes, c'est-à-dire 600 à 800 kg d'huile par hectare et par an, pour une correction de chlore de 0,2 à 0,5 p. 100. Il semble que cette augmentation de production soit relativement plus rapide dans la gamme des teneurs faibles.

A San Alberto, les applications pratiques sont donc importantes. En est-il de même dans d'autres situations ? C'est pour apporter une première réponse à cette question qu'un inventaire général des teneurs en chlore a été commencé dans les situations les plus diverses de l'aire de culture du palmier à huile.

KCl is not due to leaching or to washing away of the fertilizers.

The trial does not include a sufficient number of repetitions to permit a statistical study of yields but the Cl level-yield correlation is once more positive ($r = 0.49$ for 12 plots); it corresponds to an increase in yield of 1 ton/bunches for a variation of 0.1 % in the Cl content.

A fourth analysis of the problem was finally tried, comparing known industrial yields by plots of 10 ha and the chlorine levels of «plantation control» leaf analysis.

In the 1964 plantings which have received no manuring, the chlorine level oscillates between 0.140 and 0.325 % around a mean of 0.250 and the yields lie between 13 and 23 tons/bunches/ha, with a mean of 18 tons.

There is a highly significant correlation ($r = 0.59^{**}$ for 22 plots) between yields and chlorine levels : the average increase is 3.6 tons/bunches/ha for a variation of 0.1 % of the chlorine level.

All the preceding analyses lead to the conclusion, therefore, that a chlorine deficiency exists in the alluvial soils of the San Alberto plantation.

This observation takes on a great importance from the **theoretical point of view**, since for the first time chlorine can be considered an essential element for the oil palm's mineral nutrition.

Moreover, certain anomalies noted in the study of potassium nutrition can be interpreted by the intervention of chlorine.

The **practical importance** is linked to the value of the yield increases which one is entitled to expect from the correction of the deficiency. At San Alberto, the estimates vary from one analysis to another :

SA-CP 1 : 3.4 tons/bunches/ha/year for a variation of 0.2 to 0.5 % in Cl ;

SA-ES 31 : 1.0 tons/bunches/ha/year for a variation of 0.5 to 0.6 % in Cl ;

Industrial yields 1964 : 3.4 tons/bunches/ha/year for a variation of 0.2 to 0.3 % in Cl.

One can hope for an increase of 3 to 4 tons of bunches, i. e. 600 to 800 kg of oil per hectare and per year for a correction of chlorine of 0.2 to 0.5 %. This increase in yield would appear to be relatively greater in the range of small levels.

At San Alberto, the practical applications are thus important. Can the same thing be said for other situations ? It is to furnish the first reply to this question that a general inventory of chlorine levels has been started in the most widely varied situations of the oil palm zone.

II. — INVENTAIRE DES TENEURS EN CHLORE

Les premiers sondages ont été effectués dans différentes parties du monde de façon à faire une première estimation de l'éventail général des teneurs.

Les échantillons font partie du contrôle annuel de nutrition des plantations industrielles ou sont issus d'expériences de fumure. Pour donner une image générale des répartitions, les principaux résultats ont été groupés par région dans le tableau IV.

II. — INVENTORY OF CHLORINE LEVELS

The first soundings were carried out in different parts of the world so as to make a preliminary estimate of the overall range of the levels.

The samples form part of the annual nutritional control of the industrial plantations or come from manuring experiments. To give a general idea of the distributions, the main results have been grouped by region in table IV.

TABLEAU IV
Inventaire des teneurs en chlore
Inventory of chlorine levels

Situation	Nature des échantillons Origin of samples	Nombre Number	Moyenne	Valeurs extrêmes Max/min values		Observations	
			Mean	Min.	Max.		
AFRIQUE							
Côte d'Ivoire							
(Sables tertiaires)							
(Tertiary sand)							
1. LA MÈ (I. R. H. O.)	EXP. CP 14					Pas de témoin KCl 0. Corrélation négative entre teneurs en chlore et production ($r = -0,64^{***}$). Pas d'effet de KCl sur production.	No KCl 0 control. Negative correlation between chlorine le- vels and yield ($r = -0,64^{***}$). No effect of KCl on yield.
	KCl 1	8	0,664	0,620	0,722		
	KCl 2	8	0,656	0,585	0,710		
	KCl 3	8	0,655	0,617	0,681		
	(Plant. 1959)						
	EXP. CP 19						
	KCl 0	12	0,538	0,471	0,645		
	KCl 1	12	0,653**	0,554	0,713		
	(Plant. 1965)						
	EXP. CP 9						
2. DABOU (I. R. H. O.)	KCl 1	8	0,729	0,625	0,800		
	KCl 2	8	0,762	0,684	0,812		
	K2 SO4	8	0,611**	0,537	0,674		
	KCl 3	8	0,768	0,711	0,842		
	(Plant. 1958)						
	EXP. CI-CP 1						
3. ELOKA (PALMIVOIRE)	KCl 0	16	0,553	0,461	0,632	Pas d'effet de KCl sur production.	No effect of KCl on yield.
	KCl 1	16	0,623**	0,484	0,725		
(Plant. 1965)							
4. TOUMANGUIE (PALMIVOIRE)	Contrôle nutr. (Plant. 1962-65)	27	0,398	0,276	0,531	Teneurs fonction des apports de KCl.	Levels in function of quantities of KCl re- ceived.
5. EHANIA (PALMIVOIRE)	Contrôle nutr. (Plant. 1966-68)	53	0,400	0,300	0,630	— —	— —
6. ANGUEDEDOU (PALMIVOIRE)	Contrôle nutr. (Plant. 1965-67)	25	0,641	0,511	0,825	— —	— —
Côte-d'Ivoire							
(sur granites)							
(on granites)							
7. BOBO (PALMIVOIRE)	Contrôle nutr. (Plant. 1966-68)	40	0,166	0,271	0,746	Jamais de KCl. Très grande dispersion des teneurs.	Never any KCl. Very widely spread distri- bution of levels.
8. SOUBRE (PALMIVOIRE)	Contrôle nutr. (Plant. 1967-68)	34	0,285	0,148	0,443	Jamais de KCl.	Never any KCl.
9. BOLO (PALMIVOIRE)	Contrôle nutr. (Plant. 1967-68)	39	0,674	0,516	0,813	Teneurs fonction des apports de KCl.	Levels in function of quantities of KCl re- ceived.
Dahomey							
1. POBÉ (I. R. H. O.)	EXP. CP 20						
	KCl 0	6	0,586	0,535	0,614		
	KCl 1	6	0,671**	0,631	0,721		
	KCl 2	6	0,709**	0,667	0,814		
	KCl 3	6	0,727**	0,673	0,756		
2. AGONVY (SONADER)	Contrôle nutr. (Plant. 1956-67)	9	0,833	0,744	0,893	KCl généralisé.	KCl generalised
3. HINVI (SONADER)	Contrôle nutr. (Plant. 1959-67)	17	0,731	0,594	0,843	—	—

Situation	Nature des échantillons Origin of samples	Nombre Number	Moyenne Mean	Valeurs extrêmes Max/min values		Observations	
				Min.	Max.		
4. HOUIN (SONADER)	Contrôle nutr. (Plant. 1962-65)	13	0,634	0,547	0,717	—	—
Cameroun							
LA DIBAMBA (I. R. H. O.)	EXP. CP 1 KCl 0 KCl 1 (Plant. 1951)	8 8	0,519 0,657**	0,469 0,583	0,567 0,730	Corrélation positive avec production ($r = + 0,76^{**}$)	Positive correlation with yield ($r = + 0,76^{**}$)
Congo-Brazzaville							
1. ETOUMBI	Contrôle nutr. (Plant. 1952-58)	10	0,328	0,086	0,456	Réponse au KCl mal- gré teneurs en potas- sium élevées.	Response to KCl in spite of high potas- sium levels.
2. OUESSO	EXP. CP 1 KCl 0 KCl 1	16 16	0,104 0,270**	0,059 0,180	0,164 0,370	—	—
INDONÉSIE							
1. ATJEH (SOCFIN) (Sols alluviaux domi- nants) (Predominantly allu- vial soils)	Contrôle nutr. (Plant. 1923-67)	44	0,243	0,095	0,489	Niveau général faible à très faible malgré quelques apports de chlorure (toutefois fu- mure potassique sur- tout sulfate).	Poor to very poor general level in spite of a few chloride applica- tions (however, potas- sic manuring main- ly sulfated).
2. DELI-ASAHAN (SOCFIN)	Contrôle nutr. (Plant. 1935-64)	64	0,324	0,181	0,571		
AMÉRIQUE							
Colombie							
SAN ALBERTO (RIO MAGDALENA)	Contrôle nutr. Plant. 1961-63 Plant. 1964	28 25	0,394 0,251	0,222 0,146	0,547 0,325	ont reçu du KCl ont reçu du KCl par- tiellement n'ont pas reçu de KCl.	have been given KCl have been given KCl partially have received no KCl.
Brésil							
BELEM (sol ferrallitique) (ferrallitic soils)	EXP. ES 1 KCl 0 KCl 1	8 8	0,246 0,359**	0,202 0,337	0,289 0,406	Pas encore de produc- tion (Plant. 1968).	No yield yet (1968 planting).
Pérou							
(RIO TOCACHE) (Plant. 1968)	Bloc C Bloc D	4 4	0,544 0,126	0,495 0,066	0,604 0,271	Différence native due probablement à na- ture des alluvions.	Natural difference pro- bably due to the na- ture of the alluvions.

La gamme des teneurs est très étalée : moins de 0,1 à plus de 0,9 p. 100. Les valeurs obtenues dans les stations I. R. H. O. de La Mé, Dabou (Côte-d'Ivoire) et Pobé (Dahomey) sont élevées ; elles confirment les résultats obtenus en 1958 et expliquent pourquoi l'attention n'avait pas été attirée sur la nutrition en chlore (les expériences comparant chlorure et sulfate de potasse étaient par exemple restées négatives). Mais il apparaît que de nombreuses situations ont des teneurs en chlore plus faibles.

En Côte-d'Ivoire, sur les mêmes formations géologiques que La Mé et Dabou (sables tertiaires), on trouve des niveaux natifs plus faibles : Toumanguié 0,35 p. 100, Ehania 0,30 p. 100 ; sur le socle ancien, les valeurs observées sont systématiquement plus petites : Boubo 0,35 p. 100 et surtout Soubré 0,25 p. 100. S'agit-il d'une influence de la roche-mère ou plutôt d'un certain éloignement de la côte ? Au stade actuel des recherches, il n'est pas encore possible de se prononcer.

Au Cameroun, on observe une certaine homogénéité des niveaux natifs dans les valeurs moyennes 0,3 à 0,5 p. 100 sur des formations pourtant très diverses ;

The range of levels is very spread out : less than 0.1 to more than 0.9 %. The values obtained on the I. R. H. O. Stations at La Mé and Dabou (Ivory Coast) and Pobé (Dahomey) are high ; they confirm the results obtained in 1958 and explain why attention had not been drawn to chlorine nutrition : the experiments comparing potassium chloride with potassium sulphate, for example, remained negative. But it appears that in many situations the chlorine levels are lower.

— In the Ivory Coast on the same geological formations as La Mé and Dabou (tertiary sands), the natural levels are found to be low : Toumanguié 0.35 %, Ehania 0.30 % ; on the igneous rocks the values observed are systematically lower — Boubo 0.35 % and, above all, Soubré 0.25 %. Is this due to the influence of the parent rock or rather to a certain remoteness from the coast ? At the present stage of research, it is not possible to say definitely.

— In the Cameroons, a certain homogeneity in the natural levels is observed, with mean values of 0.3 to 0.5 % on formations which are nonetheless

ce sont les sables tertiaires de la station I. R. H. O. de La Dibamba qui procurent le meilleur niveau : 0,5 p. 100.

Par contre, les situations très **continentales** comme celle du **Congo** sont particulièrement déficientes avec des valeurs inférieures à 0,1 p. 100 dans les régions d'Etoumbi et d'Ouessou.

La cuvette congolaise mise à part, les teneurs les plus faibles se rencontrent sur d'autres continents que l'Afrique ; c'est le cas en **Indonésie** sur des sols alluviaux, au **Brésil** sur des sols ferrallitiques dans la région de Belém, à Tocache au **Pérou** sur alluvions et bien entendu à San Alberto en **Colombie**. Au Pérou, il est étonnant d'observer sur la même plantation des teneurs inférieures à 0,1 p. 100 sur certains blocs alors qu'elles sont comprises entre 0,5 et 0,6 p. 100 sur les autres.

Il existe une liaison entre les déficiences natives en magnésium et en chlore dont l'origine devra être élucidée ultérieurement. L'examen des résultats expérimentaux conduit à éliminer l'hypothèse d'effets indirects des applications de magnésium sur les teneurs en chlore.

L'inventaire réalisé jusqu'à présent montre bien que la variabilité des teneurs en chlore est considérable et qu'il existe, dans le monde, de nombreuses situations où les niveaux natifs sont égaux et même inférieurs à ceux de l'expérience de Colombie.

Il semble d'après ces premiers résultats que les déficiences en chlore les plus caractéristiques sur le palmier à huile sont principalement situées dans les régions éloignées des mers ou des océans : San Alberto (vallée de Magdalena), en Colombie ; Tocache (dans cette partie amazonienne du Pérou, les nuages apportant les pluies viennent de l'intérieur et non de l'océan) ; cuvette congolaise.

Cette observation est conforme à l'analyse de F. M. EATON (1966). Cet auteur rappelle que le chlore est un élément largement répandu dans la nature en raison des importantes quantités apportées dans les zones continentales par les pluies. Mais les formations nuageuses d'origine continentale sont moins riches en chlore que celles d'origine océanique.

Selon JUNGE (1959), le chlorure de sodium est injecté dans l'atmosphère par l'éclatement des fines bulles d'air lorsqu'elles atteignent la surface des océans. Il est donc normal de trouver des carences en chlore dans les régions peu soumises aux influences océaniques.

Le bilan du chlore dans les sols est caractérisé par l'absence complète de réserve. Comme pour NO_3 et SO_4 , le défaut de fixation sur le complexe absorbant se traduit par une grande facilité de lessivage, mais le chlore ne peut être stocké en quantité notable dans les matières humiques, comme l'azote et le soufre. En climat drainant, la quantité disponible est donc limitée aux apports récents. Toutefois, le bilan naturel reste positif dans la plupart des cas car les pluies sont capables d'apporter 15 à 40 kg de chlore

very diverse ; it is the tertiary sands of the I. R. H. O. Station at La Dibamba which have the best level : 0.5 %.

On the other hand, the very **continental** situations such as that of the **Congo** are particularly deficient, with values of less than 0.1 % in the Etoumbi and Ouessou regions.

Apart from the Congolese basin, the poorest levels are found in continents other than Africa ; this applies to **Indonesia** on alluvial soils, to **Brazil** on ferrallitic soils in the Belém region, at Tocache in **Peru** on alluvial soils and, of course, at San Alberto in **Colombia**. In Peru, it is surprising to find, on the same plantation, levels lower than 0.1 % on some blocks whereas they are between 0.5 and 0.6 % on others.

A connection exists between the natural deficiencies in magnesium and chlorine, the origin of which should be cleared up later. The examination of experimental results leads to the elimination of the hypothesis of indirect effects of magnesium applications on the chlorine levels.

The inventory made up to now shows clearly that the variability of the chlorine levels is appreciable and that many situations exist throughout the world where the natural levels are equal to or even less than those of the Colombian experiment.

It would seem from these first results that the most characteristic chlorine deficiencies in oil palm are found mainly in regions far from seas or oceans : San Alberto (Magdalena valley) in Colombia, Tocache (in this Amazonian part of Peru the rain-bearing winds come from the interior and not from the ocean), the Congolese basin.

This observation conforms to the analysis of F. M. EATON (1966). This author reminds us that chlorine is an element found everywhere in nature because of the large quantities brought to the continental regions by the rains. However, cloud formations of continental origin are less rich in chlorine than those of oceanic origin.

According to JUNGE (1959) sodium chloride is injected into the atmosphere by the bursting of fine air bubbles when they reach the ocean surface. It is therefore normal to find chlorine deficiencies in regions which are little subject to oceanic influences.

The chlorine balance in soils is characterized by a complete absence of reserves. As for NO_3 and SO_4 , the lack of fixation on the absorbant complex manifests itself in a high leachability, but chlorine cannot be stocked in any appreciable quantity in humic matter like nitrogen and sulphur. In a draining climate the quantity available is thus limited to recent deposits. Nonetheless, the natural balance remains positive in most cases, because the rains are capable of bringing 15 to 40 kg of chlorine per hectare

par hectare et par an [ERIKSSON 1952], alors que les besoins habituels des cultures sont en général inférieurs.

Pour le palmier à huile, les immobilisations et les exportations du chlore pour la croissance et la production n'ont pas été mesurées mais elles sont probablement plus grandes que pour les cultures européennes de petite taille compte tenu des teneurs élevées dans les tissus (0,5 p. 100 P. S. en moyenne dans les feuilles) et des productions considérables (20 à 30 t de régimes en bonnes conditions). Il n'est donc pas étonnant d'obtenir des bilans déficitaires et particulièrement dans les zones les plus continentales.

III. — CONSÉQUENCES

Les expériences dont on dispose, y compris celle de Colombie, ont été conçues dans d'autres buts que l'étude du chlore, si bien qu'il est difficile d'en tirer des conclusions définitives. Toutes choses égales par ailleurs, il est certain qu'une correction des teneurs en chlore de 0,2 à 0,5 p. 100 procure une augmentation de production de 3 à 4 t de régimes.

Les résultats des autres expériences en Côte-d'Ivoire, au Cameroun, au Congo montrent que la correction s'obtient facilement dans tous les cas par l'apport de chlorure de potassium et que, même les valeurs natives élevées (0,6 p. 100) sont encore susceptibles d'être augmentées; mais, à ce niveau, l'effet des apports semble indifférent, voire dépressif, par exemple dans le CP 14 de La Mé et dans le CP 20 de Pobé. Cet effet dépressif n'est cependant pas général, probablement à cause des interférences avec d'autres éléments et en particulier le potassium.

Au Cameroun, le CP 1 de La Dibamba (Factoriel 2⁴) sur des sables tertiaires très lessivés, répond à l'apport de Mg, K et P (ou Ca du phosphate) irrégulièrement selon les années avec de multiples interactions qui compliquent l'analyse de l'expérience.

L'étude des corrélations entre teneurs et productions montre que 67 p. 100 de la variabilité s'explique par l'action du chlore et du magnésium :

Corrélation Teneur en Cl-Production : 0,60* ;
Corrélation partielle Cl × Production (Mg constant) : 0,76** ;

Corrélation partielle Mg × Production (Cl constant) : 0,69** ;

Production kg/arbre = $-17 + 155 \text{ Cl p. 100} + 207 \text{ Mg p. 100}$ ($r = 0,82$).

Une variation de 0,1 p. 100 du chlore provoque une variation de production d'environ 16 kg de régimes par arbre et par an, et ceci dans une gamme de teneurs comprises entre 0,4 et 0,7 p. 100.

Trois expériences d'Unilever au Cameroun et au Congo-Kinshasa ont des comportements très voisins (tabl. V).

Dans ces trois expériences, on constatait que, malgré l'effet significatif du chlorure de potassium sur les productions, ce traitement ne modifiait pas

and per year [ERIKSSON, 1952], whilst the usual requirements of crops are generally less than this.

For the oil palm, the immobilizations and exportations of chlorine for growth and yield have not been measured, but they are probably greater than for European crops of lesser height, given the high levels in the tissues (0.5 % dry matter on an average in the leaves) and the heavy yields (20 to 30 tons/bunches under good conditions). It is therefore not surprising to find a balance in deficit, particularly in the more continental zones.

III. — CONSEQUENCES

The experiments available, including that in Colombia, had other aims than the study of chlorine, so that it is difficult to draw definitive conclusions from them. All other things being equal, it is certain that correcting the chlorine levels from 0.2 to 0.5 % results in an increase in yield of 3 to 4 tons/bunches.

The results of the other experiments in the Ivory Coast, the Cameroons and the Congo show that the correction is easily made in every case by the application of potassium chloride and that even high natural values (0.6 %) are capable of being increased; but at this level the applications seem to be without effect, if not depressive, for example in CP 14 at La Mé and CP 20 at Pobé. This depressive effect is not general, however, probably because of interferences with other elements, in particular potassium.

In the Cameroons, the CP 1 at La Dibamba (Factorial 2⁴) on very leached tertiary sands, responds irregularly to the application of Mg, K and P (or Ca of the phosphate), according to the year, with many interactions which complicate the analysis of the experiment.

The study of the correlations between levels and yields shows that 67 % of the variability can be explained by the action of chlorine and magnesium :

Correlation Cl levels : yield 0.60*

Partial correlation Cl × yield (Mg constant) 0.76** ;

Partial correlation Mg × yield (Cl constant) 0.69** ;

Yield, kg/tree = $-17 + 155 \text{ Cl \%} + 207 \text{ Mg \%}$ ($r = 0,82$).

A variation of 0.1 % in chlorine provokes a variation in yield of about 16 kg/bunches/tree/year, and this over a range of levels lying between 0.4 and 0.7 %.

Three Unilever experiments in the Cameroons and the Congo-Kinshasa have very similar behaviours (table V).

In these three experiments it will be noted that in spite of the significant effect of potassium chloride on yields, this treatment does not perceptibly modify

TABLEAU V
Expériences d'Unilever
Unilever experiments

Expérience Experiment	Traitement Treatment	Dose KCl kg/arb/an kg/tree/year	Production t régimes/ha Yield t/bunches/ha	Teneurs en K % K levels %	Teneurs en Cl % Cl levels ‰
			1967 1968	1968 1969	1969
1. MUNDIMBA (Cameroun)	KCl 0	0	13,6	1,1	0,343
	KCl 1	1	14,3 *	1,1	0,593 **
	KCl 2	2	14,6 *	1,2 **	0,620 **
2. MAKEKE (Cameroun)	KCl 0	0	10,7	1,0	0,302
	KCl 1	1	12,8 **	1,0	0,602 **
	KCl 2	2	11,7	1,1	0,630 **
3. YALIGIMBA (Congo-Kinshasa)	KCl 0	0	14,1	1,00	0,225
	KCl 1	1	14,7	0,98	0,566 **
	KCl 2	2	15,2 **	1,02	0,617 **

sensiblement les teneurs en potassium des feuilles qui atteignaient déjà 1 p. 100 dans le témoin. C'était une remise en question de l'utilité du diagnostic foliaire ou, pour le moins, du niveau critique de 1 p. 100. Or, on a constaté par une analyse du chlore (1) dans les feuilles que le chlorure de potassium augmentait les teneurs en chlore de 0,2-0,3 à 0,6 p. 100. Il est donc possible d'attribuer l'augmentation de production à l'action du chlore et non pas à celle du potassium.

Sans vouloir généraliser outre mesure, il est cependant probable qu'une fraction importante des réponses à la fumure potassique pour une teneur en potassium supérieure ou égale à 1 p. 100 correspond à une action du chlore. La confusion avec une action du

the potassium levels in the leaves, which already attain 1 % in the control. The utility of leaf analysis, or at least of the critical level of 1 %, was called into question. Now, we had established by an analysis of chlorine in the leaves (1) that potassium chloride increased the chlorine levels from 0.2/0.3 to 0.6 %.

It is therefore possible to attribute the increase in yield to the action of chlorine and not to that of potassium.

Without wanting to over-generalise, it is nonetheless probable that a high proportion of responses to potassic manuring, for a potassium level higher than or equal to 1 %, correspond to an effect of chlorine. The confusion with an effect of potassium may well

(1) Grâce à l'obligeance du Service de Recherches d'Unilever à Londres qui a bien voulu nous envoyer les poudres d'un diagnostic foliaire 1970 à l'occasion d'une enquête générale sur les teneurs en soufre.

(1) Through the Unilever Research Service in London, who were kind enough to send us the powders of a 1970 leaf analysis on the occasion of a general enquiry into sulphur levels.

TABLEAU VI
Expériences de la Cameroons Development Corporation
Cameroons Development Corporation Experiments

Expérience Experiment	Traitement Treatment	Dose KCl kg/arb/an kg/tree/year	Production t rég/ha/an Yield, tons bunches/ha/year	Teneur en K % K levels %	Teneurs en Cl % Cl levels ‰
			1968 1965/68	1968 1969	1969
1. MPUNDU (Exp. ROP 7)	KCl 0	0	10,8	1,07	0,330
	KCl 1	0,9	11,1	1,01	0,568 **
	KCl 2	1,8	12,8 **	1,05	0,611 **
2. MOLIWE (Exp. ROP 9)	KCl 0	0	4,9	1,09	0,369
	KCl 1	0,9	6,0	1,06	0,480 **
	KCl 2	1,8	5,3	1,05	0,484 **

potassium permettrait peut-être d'expliquer, pour une part, les divergences d'opinion sur le niveau critique de cet élément que certains fixent à des valeurs aussi différentes que 0,8 et 1,2 p. 100.

La même progression des teneurs en chlore a été obtenue dans l'analyse de deux expériences de la Cameroons Development Corporation (C. D. C.) au Cameroun (1) (tabl. VI).

Mais l'effet du KCl sur la production n'a été observé qu'une seule année sur la première et jamais sur la seconde, dont le niveau très faible de production doit être noté. Disposant des productions parcellaires pour 1969, il a été possible de comparer les variations des teneurs en chlore et des productions sans pouvoir observer de liaison spécifique.

En définitive, si les teneurs égales ou inférieures à 0,2 p. 100 correspondent bien à une déficience en chlore caractérisée, les teneurs comprises entre 0,3 et 0,6 p. 100 prêtent encore à discussion : dans certains cas la réponse paraît nette, par exemple dans le CP 1 de La Dibamba entre 0,4 et 0,7 et probablement dans les trois expériences d'Unilever entre 0,3 et 0,6 ; dans d'autres cas, les teneurs en chlore paraissent indifférentes entre 0,3 et 0,6 (expériences de la C. D. C.). De même, au-dessus de 0,6 p. 100, le chlore semble dépressif dans certains cas, indifférent dans d'autres. On peut penser que ces incertitudes seront levées par une étude approfondie des relations entre la nutrition en chlore et celle des autres minéraux cations et anions.

Grâce au premier inventaire effectué, il apparaît donc que de nombreuses situations seront concernées par le problème, qu'il s'agisse de déficiences ou peut-être d'excès.

Ces premières conclusions sont limitées à l'effet du chlore sur la production en poids de régimes et ne tiennent pas compte d'un effet possible sur la teneur en huile. Or, l'attention est attirée sur cet aspect du problème par une expérience de Malaisie

explain in part the differences of opinion as to the critical level of this element, which some fix at values as different as 0.8 and 1.2 %.

The same progression of chlorine levels has been obtained in the analysis of two experiments at the Cameroons Development Corporation (C. D. C.) (1) in the Cameroons (table VI).

But the effect of KCl on yield was only observed for one year on the first experiment and never on the second, whose very low yield level should be noted. The 1969 yields by plot being available, it was possible to compare the variations in chlorine levels and yields, without being able to observe any specific relationship.

Finally, whilst the levels equal to or less than 0.2 % obviously correspond to a characterised chlorine deficiency, the levels between 0.3 and 0.6 % still leave room for argument ; in some cases the response appears clear, for example in CP-1 at la Dibamba between 0.4 and 0.7 % and probably in the three Unilever experiments between 0.3 and 0.6 % ; in others the chlorine levels seem to be unimportant from 0.3 to 0.6 % (C. D. C. experiments). In the same way, above 0.6 % chlorine seems to be depressive in some cases, unimportant in others. We think that these uncertainties could be cleared up by a searching enquiry into the relationships between chlorine nutrition and that of the other mineral cations and anions.

It appears therefore, from the first inventory we have carried out, that numerous situations may be interested by the problem, whether a deficiency or an excess is concerned.

These first conclusions are limited to the effect of chlorine on the bunch production by weight, and do not take into account a possible effect on the oil content. Now, attention is drawn to this aspect of the problem by an experiment in Malaysia, where

(1) Grâce à la coopération de la Cameroons Development Corporation qui nous a expédié des poudres végétales pour analyse.

(1) By kind permission of the Cameroons Development Corporation, who also sent us the plant powders for analysis.

TABLEAU VII
Expérience PF 75

(Rapport Annuel 1968-69 de Chemara Research, Malaisie)
(Annual Report 1968-69, Chemara Research, Malaysia)

Traitements / Treatment	Dose KCl kg/arbre/an kg/tree/year	Teneurs en K (%) K levels %	Teneurs en Cl (%) Cl levels %	Production régimes lb/arbre Yield lbs/bunches/tree		Teneurs en huile % régimes Dura Dura bunch/oil contents, %	
		1969	1970	1968	1969	1968	1969
KCl 0	0	0,717	0,647	391	364	19,1	19,1
KCl 1	4	1,135	0,657	411	438	17,6	17,2
KCl 2	8	1,206	0,653	426	445	16,7	17,2

où le chlorure de potassium a une action favorable sur la production en poids compensée par une action défavorable sur la teneur en huile (tabl. VII).

L'effet dépressif sur les teneurs en huile est attribué à K mais il reste possible qu'il soit dû à un excès de Cl.

Cette nouvelle possibilité d'intervention du chlore sera mise à l'étude aussi bien dans les zones déficitaires que dans les zones d'excès.

IV. — APPLICATION A LA FUMURE MINÉRALE

Sans même préjuger de l'intérêt d'une fumure chlorée spécifique, il est souvent facile d'orienter les fumures minérales en modifiant le sel déjà utilisé comme engrais pour tenir compte du niveau de nutrition en chlore.

Dans les situations faibles en chlore, on utilisera de préférence les chlorures.

Dans les situations à teneurs élevées, soit naturellement, soit après usage continu d'engrais chlorés, on évitera d'introduire l'ion Cl en utilisant les autres sels disponibles.

Ces modifications sont presque toujours possibles et, dans la plupart des cas, elles n'auront pas d'influence sensible sur le coût de la fumure minérale nécessaire par ailleurs.

Le tableau VIII donne quelques exemples de recommandations générales pour un certain nombre de situations caractéristiques.

Indépendamment d'une action directe du chlore, qui peut suffire à justifier ces recommandations, une amélioration de la nutrition chlorée se traduira probablement par une amélioration consécutive de l'absorption des cations déficitaires.

Cette hypothèse est basée sur les observations suivantes :

1° Deux expériences comparant le sulfate et le chlorure de potassium en zone à fortes teneurs en chlore (Dabou en Côte-d'Ivoire et Pobé au Dahomey) montrent que le sulfate est plus efficace sur les teneurs en potassium des feuilles (tabl. IX).

2° En Colombie, en zone à faibles teneurs en chlore, il paraît difficile de corriger les teneurs en magnésium par le sulfate de magnésium (tabl. X), alors que ces teneurs sont notablement inférieures au niveau critique de 0,24 p. 100.

Ces résultats ne prouvent pas que le chlorure aurait été plus efficace mais on peut le supposer lorsque l'on sait que la correction des déficiences magnésiennes s'obtient très aisément dans d'autres situations avec le sulfate.

* * *

Tous les éléments du dossier invitent à tenir compte étroitement de la nutrition en chlore pour établir les programmes de fumure minérale. Il faudra naturellement étudier le prix des différentes

potassium chloride had a favourable action on the production by weight compensated by an unfavourable action on the oil content (table VII).

The depressive effect on the oil contents is attributed to K, but it is still possible that it is due to an excess of Cl.

This new possibility of an intervention of chlorine will be studied, in deficiency areas as well as in areas with an excess.

IV. — APPLICATION TO MINERAL MANURING

Even without prejudging the interest of specific chlorinated fertilization, it is often easy to adjust mineral manurings by modifying the salt already used as a fertilizer to take into account the level of chlorine nutrition.

In situations poor in chlorine, chlorides should be used for preference.

In situations where the levels are high, either naturally or as the result of continuous use of chlorinated fertilizers, the introduction of the Cl ion should be avoided and other available salts used.

These modifications are nearly always possible and in most cases they have no appreciable influence on the cost of the mineral manuring, already necessary in any case.

Table VIII gives a few examples of general recommendations covering a certain number of characteristic situations.

Apart from the direct action of chlorine, which can be sufficient to justify these recommendations, an improvement in the chlorine nutrition will probably express itself in an improvement due to better absorption of the deficient cations.

This hypothesis is based on the following observations :

1. Two experiments comparing potassium sulphate and potassium chloride in a zone with high chlorine levels (Dabou, Ivory Coast and Pobé, Dahomey) show that the sulphate is more effective on the potassium levels of the leaves (table IX).

2. In Colombia, in a zone of low chlorine levels, it seems difficult to correct the magnesium levels with magnesium sulphate (table X), although these levels are markedly lower than the critical level of 0.24 %.

These results do not prove that the chloride would have been more effective but one can suppose this when it is known that the correction of magnesium deficiencies can be made very easily in other situations with the sulphate.

* * *

All the elements of the case incite us to take chlorine nutrition closely into account when drawing up mineral manuring programmes. Naturally, the cost of the different forms of fertilizer must be

TABLEAU VIII

Orientation des fumures minérales en fonction de la nutrition en chlore
Adjustment of mineral manuring in function of the chlorine nutrition

Situations	Déficiences principales Principal deficiency	Plantations (exemples)	Choix des engrais	Choice of fertilizers
Côte d'Ivoire ..	K	Ehania-Soubre	Chlorure de potassium	Potassium chloride
Côte d'Ivoire ..	K	La Mé-Dabou	Sulfate de potassium	Potassium sulphate
Dahomey	K & N	Pobé	Sulfate de potassium + Urée (Sulfate d'ammonium) ou Nitrate de potassium	Potassium sulphate + urea (ammonium sulphate) or potassium nitrate
Cameroun	Mg & K	La Dibamba	Chlorure de magnésium + Chlorure de potassium ou carnallite	Magnesium chloride + potassium chloride or Carnallite
Colombie	K & Mg	San Alberto	<i>Idem</i>	<i>Idem</i>
Colombie	Mg	San Alberto	Chlorure de magnésium	Magnesium chloride
Brésil	N & K	Iguape	Sulfate d'ammonium } + Sulfate de potassium } (*) sulfate	Ammonium sulphate } + Potassium sulphate } (*) phate
Brésil	N, P, Mg	Belem	Chlorure de magnésium Phosphate d'ammoniaque	Magnesium chloride Ammonium phosphate
Sumatra	N, Mg	Aekloba	Chlorure de magnésium + Urée	Magnesium chloride + Urea
(*) De préférence au nitrate de potassium car les teneurs en soufre sont particulièrement faibles. In preference to potassium nitrate, as the sulphur levels are particularly low.				

TABLEAU IX

Effet des formes de fumure potassique sur les teneurs en potassium
Effect of forms of potassium manuring on the potassium levels

Situation	DABOU (Côte d'Ivoire)		POBÉ (Dahomey)	
	Chlorure	Sulfate	Chlorure	Sulfate
Engrais	Chloride	Sulphate	Chloride	Sulphate
Fertilizer				
Dose kg/arbre/an Dose kg/tree/year	1,5	1,8	1,5	1,8
Teneurs en Cl (%) Cl levels (%)	0,762	0,611	?	?
Teneurs en K (%) K levels (%)	0,915	0,949 *	0,601	0,702 *

TABLEAU X
Essai doses de sulfate de magnésium à San Alberto
Trial of magnesium sulphate doses at San Alberto

Doses (en kg/arbre) (in kg/tree)	Teneur en éléments Element levels	
	K (%)	Mg (%)
0	0,840	0,171
1	0,836	0,160
2	0,799	0,158
3	0,817	0,164
4	0,743	0,165

formes d'engrais et faire quelques vérifications expérimentales avant de s'engager définitivement dans cette voie qui peut être la source de gains de production très appréciables.

On espère que les études en cours permettront de préciser l'action du chlore sur la production et surtout d'analyser les relations entre le chlore et les autres éléments minéraux, pour mieux comprendre le mécanisme d'intervention d'un anion qui joue probablement un rôle essentiel dans les équilibres ioniques du plasma végétal.

V. — CONCLUSIONS

C'est grâce aux difficultés rencontrées dans l'interprétation d'une expérience de fumure minérale qu'un exemple caractérisé de déficience en chlore a été décelé en Colombie sur une plantation de palmier à huile. Le chlorure de potassium provoquait une augmentation sensible et significative des productions accompagnée paradoxalement d'une diminution faible mais également significative des teneurs en potassium de la feuille.

Cette action négative sur le potassium s'accompagnait en revanche d'une action positive très nette sur les teneurs en chlore.

L'examen des corrélations entre teneurs et productions parcellaires a permis d'attribuer l'effet du chlorure de potassium au chlore et non pas au potassium.

En effet, la production est en corrélation très nette avec la teneur en chlore ($r = +0,67^{***}$) alors qu'il n'existe aucune relation entre production et teneurs en potassium.

Le gain de production atteint 3,4 t de régimes c'est-à-dire 700 kg d'huile par hectare et par an, pour une correction des teneurs en chlore de 0,2 à 0,5 p. 100.

Ce résultat revêt une grande importance théorique car, pour la première fois, le chlore peut être considéré comme un élément essentiel dans la nutrition minérale du palmier à huile ; il permet d'autre part d'interpréter des expériences de fumure potassique qui restaient confuses jusqu'alors.

studied and certain experimental checks made before definitely adopting this orientation, which could be a source of very appreciable increases in yields.

We hope that studies now going on will enable the action of chlorine on yield to be stated precisely, and above all allow the relations between chlorine and the other mineral elements to be analysed, so that the intervention mechanism of an anion which probably plays an essential part in the ionic balances of plant plasma may be better understood.

V. — CONCLUSIONS

It was owing to the difficulties encountered in the interpretation of a mineral manuring experiment that a characteristic example of chlorine deficiency was brought to light on an oil palm plantation in Colombia. Potassium chloride engendered a marked and significant increase in yields, paradoxically accompanied by a small but equally significant fall in the potassium levels of the leaf.

This negative action on potassium, on the other hand, is associated with a very clear positive action on the chlorine levels.

An examination of the correlations between levels and yields by plot enabled the effect of potassium chloride to be attributed to chlorine and not to potassium.

In effect, yield is in very marked correlation with the chlorine level ($r = +0,67^{***}$), whereas no relation exists between yield and potassium levels.

The yield gained can attain 3.4 tons/bunches, i. e. 700 kg of oil per hectare and per year, for a correction of the chlorine levels of 0.2 to 0.5 %.

This result is of great theoretical importance, as for the first time chlorine can be considered as an essential element in the oil palm's mineral nutrition ; in addition, this finding permits the interpretation of potassium manuring experiments, which remained confused until now.

Les applications pratiques semblent prometteuses si l'on considère les résultats d'un inventaire général. L'éventail des teneurs est très large : moins de 0,1 p. 100 à plus de 0,9 p. 100 et montre qu'il existe dans le monde de nombreuses situations où les niveaux natifs sont égaux et même inférieurs à ceux de l'expérience de Colombie. L'effet du chlore sur la production a été retrouvé dans de nombreuses autres expériences dont certaines permettent de soupçonner un effet négatif dans la gamme des teneurs élevées (0,6 à 0,8 p. 100).

Sans préjuger de l'intérêt d'une fumure chlorée spécifique dans certaines situations, il est souvent facile de modifier le programme de fumure minérale pour tenir compte du niveau de nutrition en chlore. Les déficiences principales seront corrigées en utilisant des chlorures dans les situations à teneurs faibles et au contraire en les proscrivant dans les situations à teneurs élevées sans modifier sensiblement le coût de la fumure d'ensemble. Indépendamment d'un effet direct du chlore sur la production, il est probable que l'amélioration de la nutrition chlorée se traduira par une amélioration consécutive de l'absorption des cations déficients.

* * *

Des recherches parallèles ont été poursuivies dans le domaine du cocotier et de l'arachide. Les résultats seront publiés ultérieurement dans cette revue.

The practical applications seem promising if one considers the results of a general inventory. The range of levels is very wide: less than 0.1 % to more than 0.9 %, and shows that many situations exist in the world where the natural levels are equal to or even less than those of the Colombian experiment. The effect of chlorine on yield has been found again in many other experiments, certain of which lead to the suspicion that there is a negative effect in the high range of levels (0.6 to 0.8 %).

Without prejudging the interest of specific chlorinated manuring in certain situations, it is often easy to modify the mineral manuring programme to take the chlorine nutrition level into account. The main deficiencies can be corrected by using the chlorides in situations with low levels or, on the contrary, barring them where the levels are high, without changing the over-all cost of manuring very notably. Apart from the direct effect of chlorine on yield, it is probable that an improvement in the chlorine nutrition will express itself by an improvement due to the absorption of the deficient cations.

* * *

Parallel research has been carried on in the field of coconuts and peanuts. The results will be published in a forthcoming article in this Review.

RÉFÉRENCES

- ARNON D. I., 1958. — In : Trace Elements, p. 1-31, Ed. by C. A. LAMB et al., Academic Press Inc., New York et Londres.
 BROYER T. C., CARLTON A. B., JOHNSON C. M. et STOUT P. R., 1951. — Chlorine. A micronutrient element for higher plants. *Plant Physiology*, 29, p. 526-532.
 EATON M., 1966. — In : Diagnostic criteria for plants and soils. Chapter 8-Chlorine. Edited by H. D. CHAPMAN, University of California, U. S. A.
 ERIKSSON E., 1952. — Composition of atmospheric precipitation. *Tellus*, 4, p. 280-303.
 JOHNSON C. M., STOUT P. R., BROYER T. C. et CARLTON A. B., 1957. — Comparative chlorine requirements of different plant species. *Plant and Soil*, 8, p. 337-353.
 JUNGE C. E. 1959. — Air Chemistry. *Bull. Amer. Met. Soc.*, 40, p. 493-498.
 TISDALE S. et NELSON W. L., 1966. — Soil Fertility and Fertilizers. Ed. by the Macmillan Company, New York.

Une bibliographie complémentaire sur le problème du chlore dans la nutrition des plantes figure dans la Documentation analytique à la rubrique Agronomie de ce même numéro d'Oléagineux (p. 55-56).

Additional references on the problem of chlorine in plant nutrition are given in the analytic documentation in the Agronomy section of this number of *Oléagineux* (p. 55-56).